

OCENA PARAMETRÓW TRAKCYJNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH DARNI ŁĄKOWEJ I PASTWISKOWEJ*

Włodzimierz Białczyk, Jarosław Czarnecki, Anna Cudzik, Marek Brennenstul
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Karol Wolski

Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na czterech obiektach zadarnionych różniących się składem gatunkowym runi właściwym dla łąk (obiekty I i II) oraz pastwisk (obiekty III i IV). Dla obiektów I i II oraz III i IV zastosowano różną normę wysiewu nasion. Analizowano skład botaniczny runi, maksymalne naprężenia ścinające, zwięzłość, siły trakcyjne oraz sprawność. Do badań trakcyjnych wytypowano opony o konstrukcji: diagonalnej (9,5-24) oraz radialnej (11.2R24). Wykazano zmiany składu botanicznego roślin badanych obiektów w porównaniu do gatunków wysianych. Pomiedzy obiektami I i II, a III i IV nie stwierdzono różnic w składzie gatunkowym roślin. Wartości maksymalnych naprężeń ścinających i zwięzłości rosły wraz z głębokością pomiaru. Wyższe wartości tych parametrów zanotowano na obiektach III i IV. Nie wykazano wpływu konstrukcji opony na wartość generowanych sił trakcyjnych. Stwierdzono wpływ obiektu na wartość tego parametru. Stwierdzono, że cechy konstrukcyjne opony mają wpływ na wartość sprawności trakcyjnej. Dla opony 9,5-24 różnice te wykazano pomiedzy obiektami łąkowymi a pastwiskowymi. Dla opony 11.2R24 nie stwierdzono istotnych różnic sprawności trakcyjnej pomiedzy obiektami łąkowymi a pastwiskowymi.

Słowa kluczowe: darń, zwięzłość, skład botaniczny, siła trakcyjna, sprawność trakcyjna

Wstęp

Podłoża zadarnione, w zależności od funkcji jaką pełnią, odznaczają się odmiennym składem gatunkowym roślin. Darń łąkowa jest wielogatunkowa i oprócz roślinności trawiastej w swoim składzie botanicznym zawiera wiele ziół i chwastów. Natomiast darń pastwiskową tworzą gatunki roślin odpornych na ciągłe udeptywanie oraz defoliację. Są to rośliny o niskim pokroju, dzięki czemu łatwiej odbudowują części nadziemne. Ważną cechą runi jest jej smakowitość i treściwość [Dąbkowski i in. 2004]. Skład gatunkowy

*Badania finansowane w ramach projektu badawczego nr N N313 759340

użytków zielonych podlega różnym procesom, w wyniku których może dochodzić do wypadania gatunków najbardziej pożądaných i pojawiania się na ich miejsce chwastów. Czynniki mającymi znaczący wpływ może być nawożenie, koszenie, ale również wykonywane zabiegi agrotechniczne [Kasperczyk i in. 2008; Mastalerczuk 2008].

Zabiegi agrotechniczne prowadzone są z różną intensywnością. Zauważa się tendencję do ich minimalizowania bądź całkowitego zaniechania. Prowadzi to do degradacji tych terenów i niekorzystnych zmian w składzie florystycznym. Zwiększenie produktywności łąk i pastwisk wymaga prowadzenia licznych zabiegów agrotechnicznych z zastosowaniem sprzętu mechanicznego. Elementy robocze maszyn oddziałują korzystnie na te powierzchnie, jednak kontakt kół jezdnych agregatów ciągnikowych z podłożem jest wielowymiarowym czynnikiem stresogennym dla roślin. Prowadzone badania dowodzą, że koła pojazdów generują siły stykowe powodujące uszkodzenia roślin oraz siły pionowe skutkujące zagęszczeniem gleby [Bard 1976]. Rośliny reagują na działanie tych sił zmniejszeniem zawartości chlorofilu, redukcją procesu fotosyntezy, są wrażliwsze na działanie szkodników i patogenów. Efekt końcowy to wstrzymanie wzrostu roślin, mniejsza wytrzymałość i gęstość murawy oraz przedwczesne starzenie się roślin. W wyniku oddziaływania mechanicznego zmienia się kompozycja botaniczna roślin i zmniejsza bogactwo gatunkowe.

Zapewnienie odpowiednich zdolności trakcyjnych pojazdom poruszającym się po łąkach i pastwiskach jest ważnym problemem badawczym. Poprzez odpowiedni dobór ogumienia powinno się optymalizować zdolności trakcyjne. Należy również pamiętać, że może być to dobry sposób minimalizowania ich niekorzystnego wpływu na podłoże. Możliwe jest zwiększenie zdolności ciągowych przy jednoczesnym ograniczeniu poślizgu kół oraz zachowaniu odpowiedniej sprawności trakcyjnej [Stenitzer i in. 2003; Way i in. 2009]. Na podstawie analizy dotychczas opublikowanych prac można stwierdzić, że zagadnienia trakcyjne rozpatrywane były pod kątem podłoża pozbawionych okrywy roślinnej [Jakliński 2006; Nguyen i in. 2008]. Niewiele jest natomiast prac dotyczących podłoży zadarnionych, a dotychczasowe publikacje wskazują na odmienny charakter powstawania sił trakcyjnych na miękkich podłożach pokrytych darnią [Białczyk i in. 1998].

Cel, metoda i warunki badań

Celem badań było rozpoznanie zmian składu gatunkowego oraz parametrów trakcyjno-wytrzymałościowych powierzchni zadarnionych użytkowanych rolniczo.

Doświadczenie w układzie pasów prostopadłych w czterech powtórzeniach założono w 2010 roku na terenie RZD Swojec Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Gleba pod doświadczeniem należała do gleb antropogenicznych, kulturoziemnych – rigosole, typologicznie przeobrażonych wskutek głębokiej uprawy mechanicznej [Drozd i in. 1997]. Poziomy genetyczne gleby nie wykazywały większego zróżnicowania pod względem uziarnienia. Wytworzone były z piasku słabogliniastego, poziom skały podścielającej zbudowany był z gliny lekkiej. Wykonano cztery obiekty. Na I i II wysiano nasiona o składzie gatunkowym właściwym dla łąk (tab. 1), na III i IV wysiano nasiona właściwe dla pastwisk (tab. 2).

Tabela 1. Skład procentowy wysianej mieszanki łąkowej

Table 1. Percentage composition of a meadow mixture which has been disseminated

Nazwa gatunku	Odmiana	Udział [%]
Życica trwała	<i>Licampo</i>	30
Kostrzewa łąkowa	<i>Limosa</i>	20
Tymotka łąkowa	<i>Lischka</i>	10
Koniczyna czerwona	<i>Nike</i>	20
Koniczyna biała	<i>Hula</i>	10
Wiechlina łąkowa	<i>Bila</i>	10

Źródło: obliczenia własne

Tabela 2. Skład procentowy wysianej mieszanki pastwiskowej

Table 2. Percentage composition of a pasture mixture which has been disseminated

Nazwa gatunku	Odmiana	Udział [%]
Życica wielokwiatowa	<i>Livictory</i>	15
Życica trwała	<i>Licampo</i>	45
Kostrzewa łąkowa	<i>Limosa</i>	20
Tymotka łąkowa	<i>Lischka</i>	20

Źródło: obliczenia własne

Na obiektach I i II oraz III i IV zastosowano różną normę wysiewu nasion, odpowiednio 30 kg·ha⁻¹ oraz 40 kg·ha⁻¹. Nie zastosowano nawożenia mineralnego, na obiektach pastwiskowych nie był prowadzony wypas zwierząt.

Badania wykonano w październiku 2011. Po określeniu składu botanicznego runi obiekty skoszono na wysokość 0,07 m. Kilka dni po koszeniu wykonano badania trakcyjno-wytrzymałościowe. Skład botaniczny określano metodą botaniczno-wagową Steblera-Schrötera. Do badań trakcyjnych wytypowano dwie opony napędowe o konstrukcji diagonalnej (9.5-24) i radialnej (11.2R24) zmiennie stosowane w tych samych ciągnikach. Porównano zdolności trakcyjne na podstawie analizy sił trakcyjnych i sprawności w funkcji zmian poślizgu koła napędowego. W badaniach tych zastosowano stanowisko pomiarowe współpracujące z ciągnikiem rolniczym MF 235 [Białczyk i in. 2010]. Obciążenie pionowe badanego koła wynosiło 3300 N.

Parametrami wytrzymałościowymi analizowanymi w pracy była zwięzłość gleby oraz maksymalne naprężenia ścinające a dodatkowo kontrolowanym parametrem była wilgotność gleby. Pomiaru te wykonano bezpośrednio przed badaniami trakcyjnymi. Zwięzłość gleby mierzono penetrologgerem firmy Eijkelkamp, ze stożkiem o kącie wierzchołkowym 60° i polu podstawy 0,0001 m². Do pomiaru maksymalnych naprężeń ścinających wykorzystano ścinarkę obrotową Vane H-60 firmy Geonor o zakresie pomiarowym od 0 do 260 kPa. Wilgotność gleby zmierzono za pomocą sondy Theta Probe ML2x, będącej dodatkowym wyposażeniem penetrologera. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, wykonując wieloczynnikową analizę wariancji na poziomie $\alpha=0,05$ oraz test HSD Tukeya.

Wyniki badań i ich analiza

W tabeli 3 przedstawiono skład botaniczny runi łąkowej. Nie stwierdzono zmian w składzie botanicznym runi pomiędzy obiektami I i II, które różniły się ilością wysianych nasion. Stwierdzono natomiast brak obecności wiechliny łąkowej, której wysiano najmniej. Trawa ta jest wrażliwa na niekorzystne warunki gruntowe takie jak okresowe susze, co mogło spowodować wyparcie jej z analizowanej runi. Jej miejsce zajęła życica trwała, której udział wzrósł na obiekcie I do 49%, a na obiekcie II do 46%. Pojawiły się również niewielkie ilości ziół i chwastów (5%).

Tabela 3. Skład botaniczny runi łąkowej [% s.m]

Table 3. Botanic composition of meadow green plants [% s.m]

Nazwa gatunku	Obiekt I	Obiekt II
Życica trwała	49	46
Kostrzewa łąkowa	19	21
Tymotka łąkowa	7	9
Koniczyna czerwona	6	9
Koniczyna biała	9	6
Razem gatunki wysiane	90	91
Pozostałe trawy	5	4
Zioła i chwasty	5	5

Źródło: obliczenia własne

Na podstawie analizy składu botanicznego runi pastwiskowej (tab. 4) stwierdzono brak istotnych różnic pomiędzy obiektami III i IV. Stwierdzono ponadto, że podobnie jak w runi łąkowej życica trwała powiększyła swój udział, spadł natomiast udział tymotki łąkowej do 10%, nie stwierdzono natomiast obecności życicy wielokwiatowej.

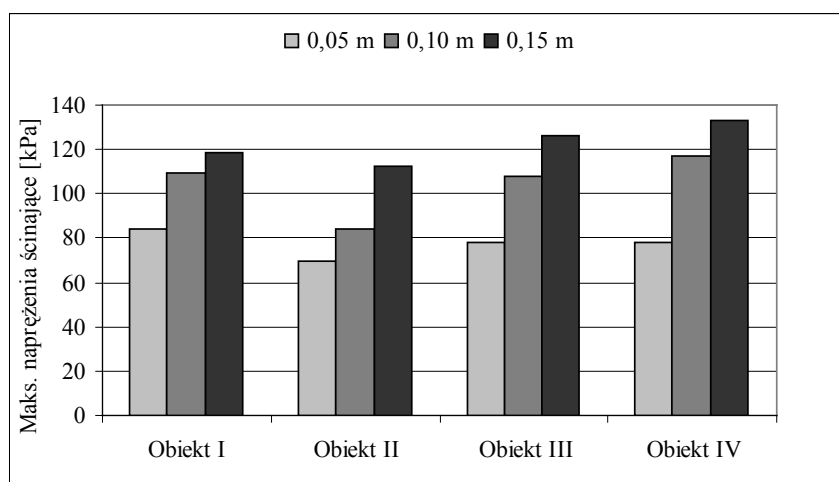
Tabela 4. Skład botaniczny runi pastwiskowej [% s.m]

Table 4. Botanic composition of pasture green plants [% s.m]

Nazwa gatunku	Obiekt III	Obiekt IV
Życica trwała	60	64
Kostrzewa łąkowa	19	17
Tymotka łąkowa	10	9
Razem gatunki wysiane	89	90
Pozostałe trawy	8	6
Zioła i chwasty	3	4

Źródło: obliczenia własne

Przed badaniami trakcyjno-wytrzymałościowymi wykonano pomiary wilgotności badanych obiektów. Dla obiektów łąkowych wilgotność kształtowała się na wyższym poziomie i była równa średnio 20,8% obj., natomiast dla obiektów pastwiskowych 18,2% obj. Na rysunku 1 przedstawiono maksymalne naprężenia ścinające dla wszystkich czterech obiektów. Wartość tego parametru rosła wraz z głębokością pomiaru. Niższe wartości zanotowano na obiektach I i II, co prawdopodobnie było związane z składem gatunkowym roślin i obecnością koniczyn tworzących gęstą okrywą gleby i utrzymujących większą wilgotność podłoża. Parametr ten niesie informacje co do wytrzymałości podłoża i zdolności do przenoszenia naprężeń stycznych. Z tego względu obiekty III i IV powinny umożliwić generowanie wyższych sił trakcyjnych.

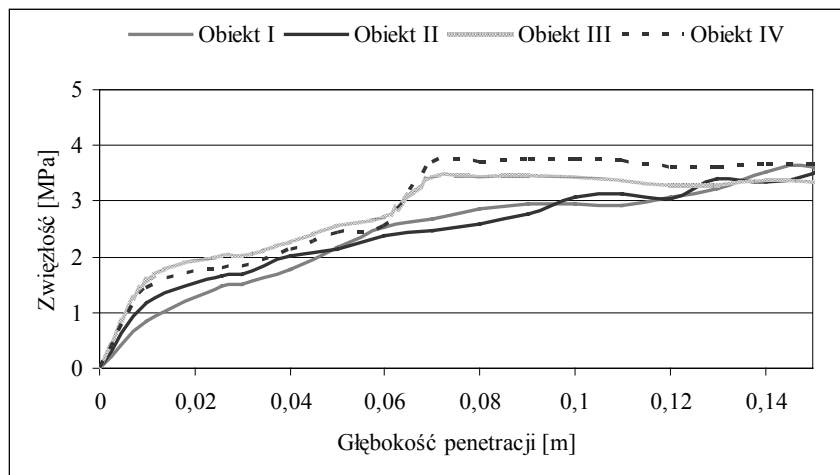


Źródło: obliczenia własne

Rys.1. Maksymalne naprężenia ścinające badanych obiektów

Fig. 1. Maximum shear stress of investigated objects

Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi zwięzłości analizowanych obiektów. Zwięzłość rosła wraz z głębokością pomiaru. Wyższe wartości tego parametru zanotowano dla obiektów III i IV tam też zauważono gwałtowny wzrost zwięzłości po przekroczeniu głębokości pomiaru 0,07 m. Sytuację tę można tłumaczyć niższą wilgotnością gleby tych obiektów oraz specyfiką tej darni, w której rosnące rośliny rozwijają znaczną część systemu korzeniowego w warstwie gleby do 0,07-0,08 m, poniżej zauważa się gwałtowny spadek masy organicznej, co wpływa na znaczne zagęszczenie podłoża i wzrost zwięzłości gleby.

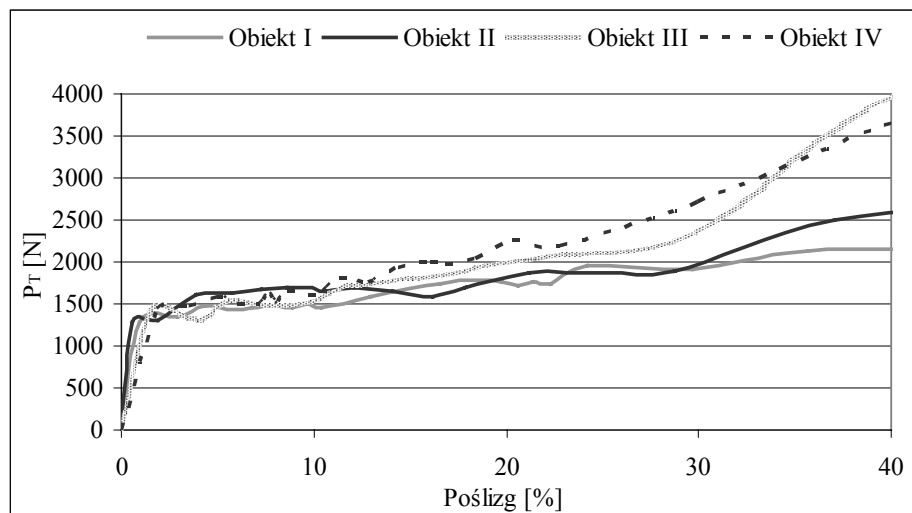


Źródło: obliczenia własne

Rys.2. Przebiegi zwięzłości badanych obiektów
Fig. 2. The course of firmness of investigated objects

Na rysunku 3 przedstawiono przebiegi sił trakcyjnych opony 9,5-24 w funkcji poślizgu dla analizowanych obiektów. Stwierdzono istotne różnice w wartościach tych sił pomiędzy obiektami łąkowymi a pastwiskowymi. W zakresie poślizgu 0-10% siły trakcyjne mieściły się przedziale od 1450 N do 1700 N. Opona konstrukcji diagonalnej z uwagi na swoją sztywność nie jest w stanie wykorzystać cech wytrzymałościowych podłoża wynikających z odmiennego składu botanicznego. Odmienny charakter zmian sił trakcyjnych można zauważyć po przekroczeniu wspomnianego poślizgu 10%, gdzie prawdopodobnie nastąpił bezpośredni kontakt opony z glebą. Zanotowano dynamiczny wzrost wartości tego parametru dla obiektów III i IV, gdzie dla poślizgu 40% opona ta generuje maksymalną siłę trakcyjną na poziomie 3650 N-3980 N. Dla tego samego poślizgu na obiektach I i II maksymalna siła trakcyjna równa była tylko 2120 N-2550 N.

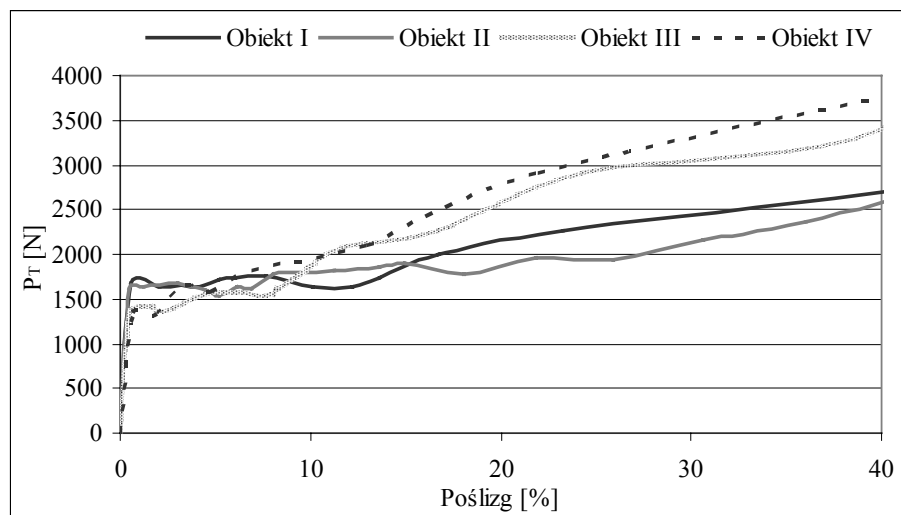
Odmienne kształtowały się przebiegi sił trakcyjnych dla opony radialnej 11.2R24 (rys. 4). Opona ta posiada zdolność dopasowywania się do podłoża z uwagi na elastyczną konstrukcję boków opony. Dokładne odwzorowanie kształtu podłoża pozwala wykorzystać jego cechy wytrzymałościowe. Wynikiem tego są widoczne wyższe wartości siły trakcyjnej dla obiektów I i II w porównaniu do obiektów III i IV w zakresie małych poślizgów (do 4%). Powyżej 10% poślizgu, następuje zazwyczaj niszczenie części nadziemnych roślin i jak już wspomniano bezpośrednia współpraca opon z glebą, z tego względu charakter zmian sił dla opony 9.5-24 oraz 11.2R24 kształtował się podobnie.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 3. Przebiegi sił trakcyjnych dla opony 9.5-24 w funkcji poślizgu dla darni łąkowej i pastwiskowej

Fig. 3. The course of traction forces for 9.5-24 tyre as a function of sliding for meadow and pasture sod

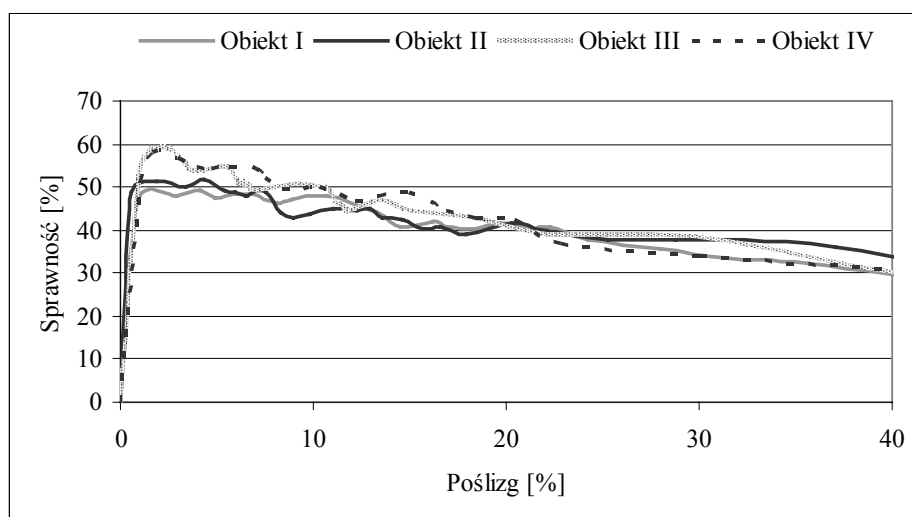


Źródło: obliczenia własne

Rys.4. Przebiegi sił trakcyjnych dla opony 11.2R24 w funkcji poślizgu dla darni łąkowej i pastwiskowej

Fig. 4. The course of traction forces for 11.2R24 tyre as a function of sliding for meadow and pasture sod

Na rysunku 5 przedstawiano przebiegi sprawności trakcyjnej dla opony 9,5-24 w funkcji poślizgu dla analizowanych obiektów. Wykazano istotne różnice w wartościach maksymalnej sprawności, pomiędzy obiektami łąkowymi (I i II) a pastwiskowymi (III i IV). Wyższe wartości sprawności zanotowano dla opony pracującej na darni pastwiskowej (59%). Analiza uzyskanych wyników pozwoliła stwierdzić, że parametrem, który mógł wpłynąć na uzyskane wyniki był opór przetaczania badanej opony. Obiekty III i IV z uwagi na wyższą zwięzłość, a co z tym się wiąże, utrudnione zagłębienie występów bieżnika, pozwoliły uzyskać wyższą sprawność. Analogicznie na obiektach I i II niższa zwięzłość umożliwiła ingerencje badanej opony w głąb darni, co wpłynęło na wzrost oporu przetaczania oraz spadek sprawności trakcyjnej. Dodatkowo można stwierdzić, że do 20% wartości poślizgu, który jest uważany za agrotechnicznie dopuszczalny, obiekty pastwiskowe umożliwiły uzyskać wyższą sprawność.



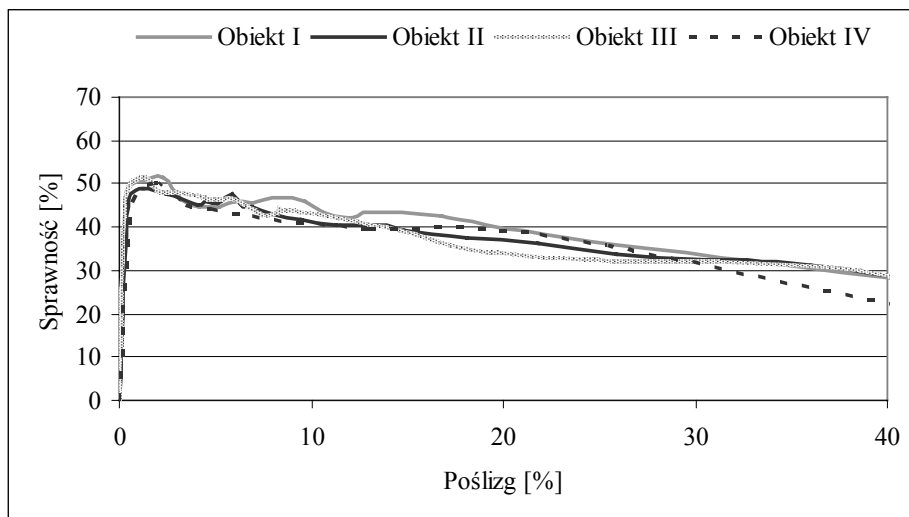
Źródło: obliczenia własne

Rys. 5. Przebiegi sprawności dla opony 9.5-24 w funkcji poślizgu dla darni łąkowej i pastwiskowej

Fig. 5. The course of efficiency for 9.5-24 tyre as a function of sliding for meadow and pasture sod

Dla opony 11.2R24 ogólny charakter zmian tego parametru był porównywalny do opony 9.5-24, tzn. po przekroczeniu poślizgu ok. 2,5% następował spadek sprawności (rys. 6). Odmienne natomiast kształtowały się wartości sprawności pomiędzy badanymi obiektami. Jak już wspomniano opona ta cechuje się odmienną budową wewnętrzną. Dzięki temu dla identycznego z oponą 9.5-24 obciążenia pionowego posiada większą powierzchnię kontaktu z podłożem, co ogranicza jego deformację pionową. Z powyższych względów różnice w maksymalnych wartościach sprawności pomiędzy obiektami łąkowymi a pastwisko-

wymi były nieistotne. Dla poślizgu 0-2% sprawność mieściła się w przedziale 48-51% dla wszystkich analizowanych obiektów.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 6. Przebiegi sprawności dla opony 11.2R24 w funkcji poślizgu dla darni łąkowej i pastwiskowej
 Fig. 6. The course of efficiency for 11.2R24 tyre as a function of sliding for meadow and pasture sod

W tabeli 5 przedstawiono wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Analizę przeprowadzono przy pomocy pakietu Statistica 9.0. Dla opony 9.5-24 odmienny skład gatunkowy darni badanych obiektów miał wpływ na wartości siły i sprawności trakcyjnej. Opona 11.2R24 na badanych obiektach osiągała siły trakcyjne istotnie różne, nie wykazano wpływu tego czynnika na sprawność trakcyjną tej opony.

Tabela 5. Wyniki analizy statystycznej
 Table 5. Statistical analysis results

Czynnik	Wartości p			
	Opona 9.5-24		Opona 11.2R24	
	Siła trakcyjna	Sprawność trakcyjna	Siła trakcyjna	Sprawność trakcyjna
Obiekt	0,000274	0,000003	0,006591	0,075108

Źródło: obliczenia własne

Wnioski

1. Wartości maksymalnych naprężeń ścinających i zwięzłości rosły wraz z głębokością pomiaru. Wyższe wartości tych parametrów zanotowano na obiektach III i IV, co miało związek ze składem gatunkowym roślin oraz wilgotnością gleby.
2. Nie wykazano wpływu konstrukcji opony (diagonalnej i radialnej) na wartość generowanych sił trakcyjnych. Stwierdzono natomiast wpływ obiektu na wartość tego parametru. Wyższe wartości sił zanotowano na obiektach pastwiskowych w zakresie dużych poślizgów. Jednak opona 11.2R24 generowała wyższe wartości tego parametru dla darni łąkowych w zakresie poślizgu do 4%.
3. Stwierdzono wpływ konstrukcji opony na wartość sprawności trakcyjnej. Dla opony 9,5-24 różnice te wykazano pomiędzy obiektami łąkowymi a pastwiskowymi (I i II, a III i IV), nie wykazano natomiast różnic w wartościach tego parametru w obrębie darni o tym samym składzie gatunkowym. Dla opony 11,2R24 nie stwierdzono istotnych różnic sprawności trakcyjnej pomiędzy obiektami łąkowymi a pastwiskowymi.

Bibliografia

- Beard J. B.** (1976): Turfgrass Wear. USGA Green Section Record, 10-12.
- Białczyk W., Czarnecki J., Cudzik A., Brennenstul M.** (2010): Ocena właściwości trakcyjnych wybranych opon na podłożach zadarnionych. Inżynieria Rolnicza, 7(125), 15-22.
- Dąbkowski S., Grabulewski K., Pachuta K.** (2004): Mechaniczne właściwości darni traw. Acta Scientiarum Polonorum. Architectura, 3(1), 23-35.
- Drozd J., Licznar M., Licznar S., Weber J.** (1997): Gleboznawstwo z elementami mineralogii i petrografii. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 22, 89-91.
- Jakliński L.**, (2006): Mechanika układu pojazd - teren w teorii i badaniach. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 23-60.
- Kasperczyk M., Szewczyk W., Kacorzyk P.** (2008): Dynamika składu botanicznego runi łąkowej w zależności od nawożenia. Łąkarstwo w Polsce, 11, 87-93.
- Mastelerczuk G.** (2008): Wpływ zaprzestania nawożenia i ograniczenia częstotliwości koszenia łąki trwałej na skład gatunkowy runi, plonowanie i masę korzeniową roślin. Łąkarstwo w Polsce, 11, 95-104.
- Nguyen V., Matsuo T., Inaba S., Koumoto T.** (2008): Experimental analysis of vertical soil reaction and soil stress distribution under off-road tires. Journal of Terramechanics, 45, 25-44.
- Stenitzer E., Murer E.** (2003): Impact of soil compaction upon soil water balance and maize yield estimated by the SIMWASER model. Soil and Tillage Research, 73, 43-56.
- Way T., Kishimoto T., Torbert H., Burt E., Bailey A.** (2009): Tractor tire aspect ratio effects on soil bulk density and cone index. Journal of Terramechanics, 46 (1), 27-34.

ASSESSMENT OF TRACTION AND ENDURANCE PARAMETERS OF MEADOW AND PASTURE SOD

Abstract. The paper presents the results of the research, which was carried out on four sodded objects differing with species composition of green plants appropriate for meadows (object I and II) and pastures (object III and IV). For the objects I and II as well as III and IV various forms of seeds dissemination were applied. Botanic composition of green plants, maximum shear stress, compactness, traction forces, as well as efficiency were analysed. Tyres of a diagonal construction (9.5-24) as well as radial (11.2R24) were used for traction research. Changes of botanic composition of plants of the researched objects were proved in comparison to disseminated species. Between objects I and II as well as III and IV no differences were determined in species composition of plants. Maximum values of shear stresses and compactness grew along with the measurement depth. Higher values of these parameters were reported at the objects III and IV. No influence of tyre structure on the value of generated traction forces was proved. Influence of the object on the value of this parameter was reported. It was reported that structure features of a tyre influence the value of traction efficiency. For a tyre 9.5-24 those differences were proved between meadow objects and pasture objects. For 11.2R24 tyre no significant differences in traction efficiency between meadow and pasture objects were reported.

Key words: sod, compactness, botanic composition, traction force, traction efficiency

Adres do korespondencji:

Jarosław Czarnecki: e-mail: jaroslaw.czarnecki@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław